

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-323394

(43)Date of publication of application : 07.12.1993

(51)Int.Cl.

G02F 1/35

G02B 7/20

G02F 1/37

H01S 3/109

(21)Application number : 04-124676

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 18.05.1992

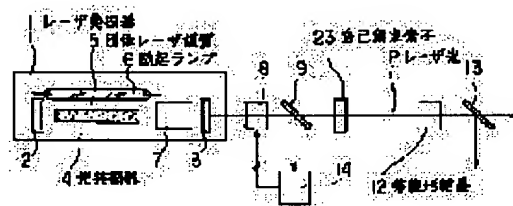
(72)Inventor : SAKUMA JUN

(54) WAVELENGTH CONVERSION DEVICE FOR LASER BEAM

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide the wavelength conversion device for a laser beam constituted to stabilize the output of the laser beam subjected to a wavelength conversion to a higher harmonic wave.

CONSTITUTION: This wavelength conversion device has an optical resonator 4, a laser oscillator 1 which consists of a laser medium 5 provided in the optical resonator, a nonlinear crystal 12 which converts the wavelength of the laser beam outputted from the laser oscillator to the higher harmonic wave and a self-focusing element 23 which is provided between the nonlinear crystal and the laser oscillator, is changed in its focal length according to the intensity of the laser beam outputted from the laser oscillator and changes the beam diameter of the incident laser beam on the nonlinear crystal.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 18.05.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3199836

[Date of registration] 15.06.2001

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁(J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-323394

(43)公開日 平成5年(1993)12月7日

(51)Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 F 1/35		7246-2K		
G 0 2 B 7/20		6920-2K		
G 0 2 F 1/37		7246-2K		
H 0 1 S 3/109		8934-4M		

審査請求 未請求 請求項の数1(全 5 頁)

(21)出願番号 特願平4-124676

(22)出願日 平成4年(1992)5月18日

(71)出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72)発明者 佐久間 純

神奈川県横浜市磯子区新磯子町33番地 株

式会社東芝生産技術研究所内

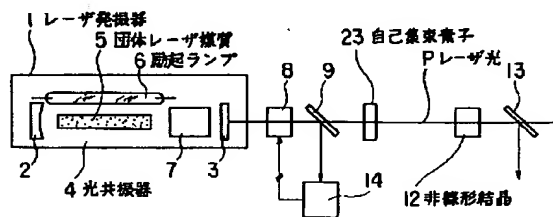
(74)代理人 弁理士 鈴江 武彦

(54)【発明の名称】 レーザ光の波長変換装置

(57)【要約】

【目的】この発明は、高調波に波長変換されたレーザ光の出力を安定化させることができるようにしたレーザ光の波長変換装置を提供することにある。

【構成】光共振器4およびこの光共振器内に設けられたレーザ媒質5からなるレーザ発振器1と、このレーザ発振器から出力されたレーザ光の波長を高調波に変換する非線形結晶12と、この非線形結晶と上記レーザ発振器との間に設けられ上記レーザ発振器から出力されるレーザ光の強度に応じて焦点距離が変化し上記非線形結晶に入射するレーザ光のビーム径を変える自己集束素子22とを具備したことを特徴とする。



【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載
 【部門区分】第6部門第2区分
 【発行日】平成13年4月27日(2001.4.27)

【公開番号】特開平5-323394
 【公開日】平成5年12月7日(1993.12.7)
 【年通号数】公開特許公報5-3234
 【出願番号】特願平4-124676
 【国際特許分類第7版】

G02F 1/35
 G02B 7/20
 G02F 1/37
 H01S 3/109

【FI】

G02F 1/35
 G02B 7/20
 G02F 1/37
 H01S 3/109

【手続補正書】

【提出日】平成11年5月18日(1999.5.18)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】発明の名称

【補正方法】変更

【補正内容】

【発明の名称】 波長変換レーザ装置

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】 光共振器およびこの光共振器内に設けられたレーザ媒質からなるレーザ発振器と、このレーザ発振器から出力されたレーザ光の波長を高調波に変換する非線形結晶と、この非線形結晶と上記レーザ発振器との間に設けられ上記レーザ発振器から出力されるレーザ光の強度に応じて焦点距離が変化し上記非線形結晶に入射するレーザ光のビーム径を変える自己集束素子とを具備したことを特徴とする波長変換レーザ装置。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0001

【補正方法】変更

【補正内容】

【0001】

【産業上の利用分野】この発明はレーザ光の波長を非線形結晶によって高調波に変換する波長変換レーザ装置に

関する。

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0002

【補正方法】変更

【補正内容】

【0002】

【従来の技術】一般に、非線形結晶を用いてレーザ光の波長を変換する波長変換レーザ装置は、図5に示すように構成されていた。すなわち、同図中1はレーザ発振器である。このレーザ発振器1は高反射ミラー2と出力ミラー3とを離間対向して配置した光共振器4を有する。この光共振器4内にはロッド状の固体レーザ媒質5が軸線を上記光共振器4の光軸に一致させて配置されている。この固体レーザ媒質5の側方には励起手段である、励起ランプ6が平行に配置されている。さらに、光共振器4内には上記固体レーザ媒質5と出力ミラー3との間にモードロッキングを起こさせるためのモードロッカ7が配置されている。モードロッカ7としては音響光学素子や過飽和色素などが用いられている。

【手続補正5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0009

【補正方法】変更

【補正内容】

【0009】この発明は上記事情に基づきなされたもので、その目的とするところは、レーザ発振器から出力されるレーザ光の強度が変動しても、非線形結晶から出力される高調波の強度を安定化できるようにした波長変換レーザ装置を提供することにある。

【手続補正6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0016

【補正方法】変更

【補正内容】

【0016】つぎに、上記構成の波長変換レーザ装置の作用について説明する。図2(a)に示すように自己集束素子22に入射するレーザ光Sの強度が P_1 と強い場合には、この自己集束素子22の焦点距離は F_1 となる。そのため、自己集束素子22から出射した基本波長のレーザ光Sは非線形結晶12の手前側で焦点を結んでから、発散状態で上記非線形結晶12に入射することになる。レーザ光Sが発散状態で非線形結晶12に入射すると、非線形結晶12上におけるレーザ光Sのビーム径が拡大されることになるから、この非線形結晶12が受ける単位面積当りのレーザ強度が低下することになる。

【手続補正7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0021

【補正方法】変更

【補正内容】

【0021】図3(a)～(d)はこの発明と従来の技術との比較を示す。なお、図中実線はこの発明を示し、鎖線は従来の技術を示す。同図(a)はレーザ発振器1から出力されるレーザ光Sの強度と、焦点距離との関係を示し、従来は集光レンズ11で集束していたので一定であるが、この発明は自己集束素子22で集束するため、レーザ光Sの強度が高くなるにしたがい焦点距離が短くなる。

【手続補正8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0023

【補正方法】変更

【補正内容】

【0023】同図(c)はレーザ発振器1から出力されるレーザ光Sの強度と、非線形結晶12に入射するレーザ光Sの強度、つまり非線形結晶12の励起強度との関係を示す。鎖線で示す従来の技術はレーザ光Sの強度が増大するにつれて非線形結晶12を励起する強度も増大するが、この発明によれば、レーザ光Sの強度が増大すると、非線形結晶12を励起する強度が低下する。

【特許請求の範囲】

【請求項1】 光共振器およびこの光共振器内に設けられたレーザ媒質からなるレーザ発振器と、このレーザ発振器から出力されたレーザ光の波長を高調波に変換する非線形結晶と、この非線形結晶と上記レーザ発振器との間に設けられ上記レーザ発振器から出力されるレーザ光の強度に応じて焦点距離が変化し上記非線形結晶に入射するレーザ光のビーム径を変える自己集束素子とを具備したことを特徴とするレーザ光の波長変換装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】この発明はレーザ光の波長を非線形結晶によって高調波に変換するレーザ光の波長変換装置に関する。

【0002】

【従来の技術】一般に、非線形結晶を用いてレーザ光の波長を変換する波長変換装置は、図5に示すように構成されていた。すなわち、同図中1はレーザ発振器である。このレーザ発振器1は高反射ミラー2と出力ミラー3とを離間対向して配置した光共振器4を有する。この光共振器4内にはロッド状の固体レーザ媒質5が軸線を上記光共振器4の光軸に一致させて配置されている。この固体レーザ媒質5の側方には励起手段である、励起ランプ6が平行に配置されている。さらに、光共振器4内には上記固体レーザ媒質5と出力ミラー3との間にモードロッキングを起こさせるためのモードロッカ7が配置されている。モードロッカ7としては音響光学素子や過飽和色素などが用いられている。

【0003】上記固体レーザ媒質5を励起ランプ6で励起することで上記出力ミラー3からはレーザ光Pを出力させることができる。ここで、光共振器長をL、光の速さをCとしたとき、周波数fは、 $f = C / 2L$ 、パルス幅は固体レーザ媒質5の利得幅 $\Delta\mu$ の逆数($\Delta\mu^{-1}$)程度の短パルス列のレーザ出力が得られる。

【0004】上記出力ミラー3から出力された基本波長のレーザ光Pは、出力変調器8を通り、第1のビームスプリッタ9で一部が分割される。第1のビームスプリッタ9を透過したレーザ光Sは集光レンズ11で集束されてSHGなどの非線形結晶12に入射する。この非線形結晶12は光共振器4から出力される基本波長のレーザ光Sを、波長が2分の1の高調波に変換する。上記非線形結晶12から出射するレーザ光Sには高調波に基本波が含まれているから、そのレーザ光Sは第2のビームスプリッタ13で反射する高調波と、透過する基本波とに分離される。

【0005】上記第1のビームスプリッタ9で分離されたレーザ光Sの一部は光検出器14で強度が検出される。その検出信号は上記出力変調器8に入力される。それによって、レーザ光Sの強度が制御されて非線形結晶12に入射するレーザ光Sの強度を一定に保つようにな

っている。つまり、レーザ出力は種々の要因によって不安定となるが、その出力を上記光検出器14で検出し、その検出信号を出力変調器8にフィードバックすることで、出力の安定化を計っている。

【0006】このように出力の安定化を計る場合、高速な応答性が望まれるので、出力変調器8としては一般的に音響光学素子が用いられる。しかしながら、その応答性はせいぜい100kHz程度である。光共振器長が2m程度のレーザモードロック周波数は、 $f = C / 2L = (3 \times 10^8) / (2 \times 2) = 75 \text{ MHz}$ となる。したがって、その周波数は音響光学素子の応答性に比べて大きすぎるから、パルスごとの出力の安定化を計ることができない。

【0007】しかも、非線形結晶12としてSHGを用いた場合、その出力は、非線形結晶12に入射するレーザ光Sの強度の二乗にほぼ比例するので、たとえばレーザ光Sの出力の安定性が図6(a)に示すように $\pm 10\%$ であれば、上記非線形結晶12から出力される高調波の強度は図6(b)に示すように $\pm 20\%$ 程度に拡大されてしまう。したがって、レーザ光Sのパルスごとの強度を安定化させる必要がある用途の場合には使用できないということがある。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】このように、波長を高調波に変換するために用いられる、非線形結晶からの出力は、そこに入射するレーザ光の強度の二乗に比例するため、レーザ発振器から出力されるレーザ光の強度がわずかでも変動すると、上記非線形結晶から出力される高調波の強度変動が大きくなるということがあった。

【0009】この発明は上記事情に基づきなされたもので、その目的とするところは、レーザ発振器から出力されるレーザ光の強度が変動しても、非線形結晶から出力される高調波の強度を安定化できるようにしたレーザ光の波長変換装置を提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するためにこの発明は、光共振器およびこの光共振器内に設けられたレーザ媒質からなるレーザ発振器と、このレーザ発振器から出力されたレーザ光の波長を高調波に変換する非線形結晶と、この非線形結晶と上記レーザ発振器との間に設けられ上記レーザ発振器から出力されるレーザ光の強度に応じて焦点距離が変化し上記非線形結晶に入射するレーザ光のビーム径を変える自己集束素子とを具備したことを特徴とする。

【0011】

【作用】上記構成によれば、レーザ発振器から出力されるレーザ光の強度の変動に応じて非線形結晶に入射するレーザ光の強度を変えることができるから、上記非線形結晶から出射される高調波の強度を安定化することができる。

10

20

30

40

50

【0012】

【実施例】以下、この発明の一実施例を図1乃至図3を参照して説明する。なお、図5に示す構成と同一部分には同一記号を付して説明を省略する。

【0013】すなわち、この発明の実施例においては、レーザ発振器1から出力され、出力変調器8、第1のビームスプリッタ9および光検出器14によって強度がフィードバック制御されたレーザ光Sは自己集束素子22に入射する。つまり、自己集束素子22は上記レーザ発振器1と非線形結晶12との間に配置されている。

【0014】上記自己集束素子22は、ここに入射するレーザ光Sの強度に応じてこのレーザ光Sを集束する焦点距離を変化させる性質を有する。つまり、自己集束素子22に入射するレーザ光Sの強度が図2(a)に P_1 で示すように強い場合の焦点距離が F_1 であるとする、図2(b)に P_2 で示すようにレーザ光Sの強度が低下したときには、レーザ光Sを集束する上記自己集束素子22の焦点距離は上記 F_1 よりも長い距離 F_2 となる。そして、上記非線形結晶12は、上記焦点 F_1 よりも遠い位置で、上記焦点 F_2 上に中心をほぼ一致させて配置されている。このような自己集束の性質を備えた物質としては、CS₂液が知られている。したがって、上記自己集束素子22としては、容器中に上記CS₂液を充填させたものを用いればよい。なお、自己集束素子22がレーザ光Sを集束する焦点位置は、CS₂液が収容される容器の厚さやその配置位置によって変えることができる。

【0015】一方、上記非線形結晶12から出力される高調波の強度を P^{**} とすると、この強度 P^{**} は、固体レーザ媒質5を励起する励起ランプ6から出射される励起光の強度 I^* と、レーザ発振器1から出力されるレーザ光Sの強度 P^* に対して比例関係にある。つまり、($P^{**} \sim I^* \cdot P^*$)の関係性を有する。したがって、たとえば励起光の強度 I^* が減少すると、レーザ光Sの強度 P^* が増大し、高調波の強度 P^{**} はほぼ一定に保たれる。

【0016】つぎに、上記構成の波長変換装置の作用について説明する。図2(a)に示すように自己集束素子22に入射するレーザ光Sの強度が P_1 と強い場合には、この自己集束素子22の焦点距離は F_1 となる。そのため、自己集束素子22から出射した基本波長のレーザ光Sは非線形結晶12の手前側で焦点を結んでから、発散状態で上記非線形結晶12に入射することになる。レーザ光Sが発散状態で非線形結晶12に入射すると、非線形結晶12上におけるレーザ光Sのビーム径が拡大されることになるから、この非線形結晶12が受ける単位面積当りのレーザ強度が低下することになる。

【0017】このように、非線形結晶12に入射するレーザ光Sの単位面積当りの強度が低下すると、この非線形結晶12で波長変換されて出力する高調波の強度が P_1 よりも低下することになる。このときの高調波の強度

を P_2 とする。

【0018】一方、レーザ発振器1から出力されるレーザ光Sの強度が変動して図2(b)に示すように P_2 に低下した場合には、その強度 P_2 のレーザ光Sが自己集束素子22に入射することで、その焦点距離が F_1 に変化する。つまり、自己集束素子22の焦点距離 F_1 は図2(a)の場合に比べて長くなるから、集束されたレーザ光Sは非線形結晶12上で焦点を結ぶことになる。それによって、非線形結晶12に入射するレーザ光Sのビーム径が図2(a)の場合に比べて小さくなるから、この非線形結晶12が受ける単位面積当りレーザ強度が高くなる。

【0019】したがって、非線形結晶12で波長変換されて出力する高調波の強度は P_2 よりも増大することになる。上記自己集束素子22や非線形結晶12の配設置状態を調節すれば、図2(b)において、非線形結晶12から出力される高調波の強度を図2(a)のときの強度 P_1 と同じにすることができる。

【0020】つまり、レーザ発振器1から出力されるレーザ光Sの強度が変動しても、自己集束素子22によって非線形結晶12に入射するレーザ光Sの焦点距離が変えられることで、上記非線形結晶12から出力される高調波の強度を一定にすることができる。しかも、自己集束素子22は高速で応答するから、周波数が100MHz程度のモードロックレーザにも適用することができる。

【0021】図3(a)～(d)はこの発明と従来との比較を示す。なお、図中実線はこの発明を示し、鎖線は従来を示す。同図(a)はレーザ発振器1から出力されるレーザ光Sの強度と、焦点距離との関係を示し、従来は集光レンズ11で集束していたので一定であるが、この発明は自己集束素子22で集束するため、レーザ光Sの強度が高くなるにしたがい焦点距離が短くなる。

【0022】同図(b)はレーザ発振器1から出力されるレーザ光Sの強度と、非線形結晶12に入射するレーザ光Sのビーム径との関係を示し、集光レンズ11で集束される従来のビーム径は一定であるが、自己集束素子22を用いたこの発明はレーザ光Sの強度が増大するにしたがいビーム径も大きくなる。

【0023】同図(c)はレーザ発振器1から出力されるレーザ光Sの強度と、非線形結晶12に入射するレーザ光Sの強度、つまり非線形結晶12の励起強度との関係を示す。破線で示す従来はレーザ光Sの強度が増大するにつれて非線形結晶12を励起する強度も増大するが、この発明によれば、レーザ光Sの強度が増大すると、非線形結晶12を励起する強度が低下する。

【0024】同図(d)はレーザ発振器1から出力されるレーザ光Sの強度と、非線形結晶12から出力される高調波の強度との関係を示す。従来はレーザ光Sの強度が増大するにつれて非線形結晶12から出力される高調

波の強度も増大するが、この発明によれば、非線形結晶12から出力される高調波の強度をほぼ一定にすることができる。

【0025】図4はこの発明の他の実施例を示す。この実施例は自己集束素子22の出射側に補正レンズ31を設けるようにしたもので、このような構成によれば、自己集束素子22から出射したレーザ光Sの焦点距離、つまり非線形結晶12に入射するレーザ光Sのビーム径を、上記補正レンズ31によって補正することができる。

【0026】なお、この発明は上記各実施例に限定されるものでなく、たとえばノーマルパルスやQスイッチなどモードロックレーザ以外のレーザにもこの発明を適用することができる。また、非線形結晶はSHG以外の結晶、たとえば3倍波や4倍波に変換するものであってもよい。また、自己集束素子を用いて高調波の強度を安定化させる場合、レーザ発振器から出力されるレーザ光の強度を制御する出力変調器はなくてもよい。

【0027】

【発明の効果】以上述べたようにこの発明は、レーザ発振器と非線形結晶との間に、レーザ発振器から出力されるレーザ光の強度に応じて焦点距離が変化し上記非線形結晶に入射するレーザ光のビーム径を変える自己集束素子*

*子を設けるようにした。

【0028】そのため、レーザ発振器から出力されるレーザ光の強度が変動しても、上記非線形結晶に入射するレーザ光の強度をほぼ一定にできるから、それによって非線形結晶から出射する高調波の強度を一定に維持することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の一実施例の全体構成図。

【図2】(a)は自己集束素子に入射するレーザ光の強度が強い場合の説明図、(b)は同じく強度が弱い場合の説明図。

【図3】(a)～(d)は従来とこの発明のレーザ発振器から出力されるレーザ光の強度と種々のパラメータとの関係を示す説明図。

【図4】この発明の他の実施例を示す全体構成図。

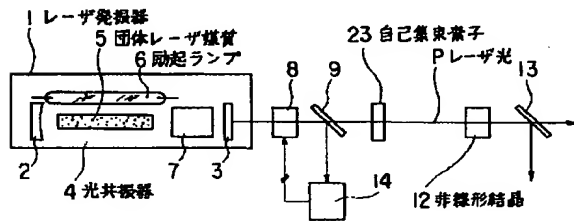
【図5】従来の全体構成図。

【図6】(a)はレーザ発振器から出力されるレーザ光の強度分布図、(b)は従来の非線形結晶から出力されるレーザ光の強度分布図。

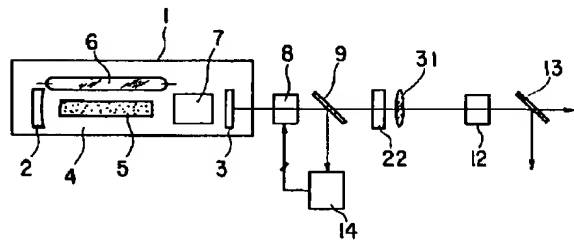
20 【符号の説明】

1…レーザ発振器、4…光共振器、5…固体レーザ媒質、12…非線形結晶、22…自己集束素子。

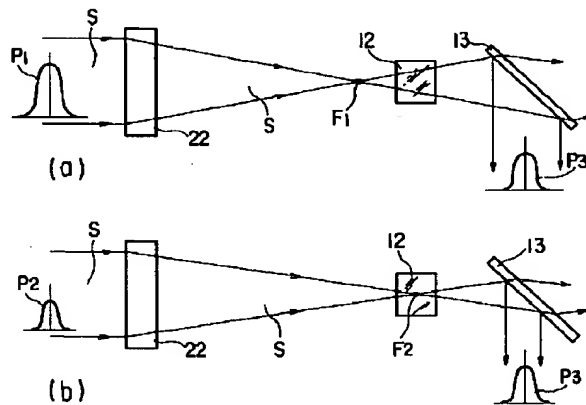
【図1】



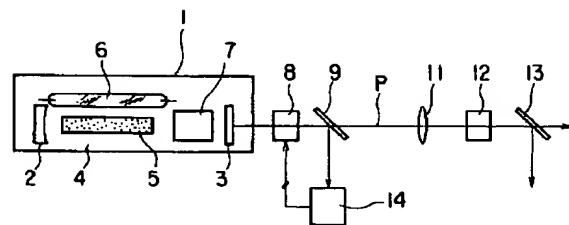
【図4】



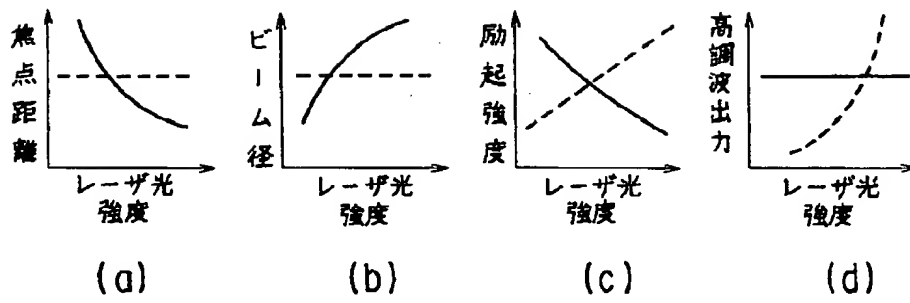
【図2】



【図5】



【図3】



【図6】

